



**TUGAS AKHIR - TM 145502**

**PENGARUH VARIASI FILLER ER70S-6 DAN  
E71T-1C PADA PENGELASAN BAJA SA-36  
MENGUNAKAN METODE PENGELASAN  
GMAW DAN FCAW**

**ELY STYA ARGA**  
**NRP. 10211500000115**

**Dosen Pembimbing**  
**Ir. Subowo, M.Sc.**  
**19581004 198701 1 001**

**Departemen Teknik Mesin Industri**  
**Fakultas Vokasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**



**TUGAS AKHIR – TM 145502**

**“PENGARUH VARIASI FILLER ER70S-6  
DAN E71T-1C PADA PENGELASAN BAJA  
SA-36 MENGGUNAKAN METODE  
PENGELASAN GMAW DAN FCAW ”**

**ELY STYA ARGA**

**NRP 10211500000115**

**Dosen Pembimbing**

**Ir. Subowo MS.c**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI**

**FAKULTAS VOKASI**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA 2018**



**FINAL PROJECT – TM 145502**

**“EFFECT OF FILLER VARIATION ER70S-6  
AND E71T-1C USING SA-36 STEEL USE  
GMAW AND FCAW WELDING METODE”**

**ELY STYA ARGA**

**NRP 10211500000115**

**Concellor Lecture**

**Ir. Subowo MS.c**

**DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL MECHANICAL  
ENGINEERING**

**VOCATIONAL OF FACULTY**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA 2018**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**“PENGARUH VARIASI FILLER ER70S-6  
DAN E71T-1C PADA PENGELASAN BAJA  
SA-36 MENGGUNAKAN METODE  
PENGELASAN GMAW DAN FCAW”**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya Pada Bidang Studi Manufaktur**

**Departemen Teknik Mesin Industri**

**Fakultas Vokasi**

**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh:**

**ELY STYA ARGA  
NRP 10211500000115**

**Mengetahui dan Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing**

**Sudono MS.c**

**NIP. 195815041987011001**

**DEPARTEMEN  
TEKNIK MESIN  
INDUSTRI**

**Surabaya, Juni 2018**





# **“PENGARUH VARIASI FILLER ER70S-6 DAN E71T-1C PADA PENGELASAN BAJA SA-36 MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN GMAW DAN FCAW”**

**Nama** : Ely Styra Arga  
**NRP** : 10211500000115  
**Jurusan** : D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Subowo MS.c

## **Abstrak**

*Pada waktu ini proses pengelasan dipergunakan dalam pelaksanaan kontruksi bangunan baja, kontruksi mesin dan lain sebagainya. Proses pengelasan harus benar-benar memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las dan sifat material yang akan di las. Materialnya ASTM A36 untuk mengetahui hasil pengelasan dengan variasi filler terhadap kekerasan, struktur mikro dan kekuatan tarik.*

*Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui perbedaan pengelasan dengan variasi filler ER70S-6 dan E71T-1C terhadap hasil lasan. Pengujian dilakukan di Workshop Jurusan Teknik Mesin Industri FV-ITS Surabaya. Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah uji kekerasan, uji metalografi, dan uji Tarik.*

*Dari hasil pengujian dapat diperoleh hasil pada filler ER70S-6 nilai kekerasan tertinggi pada area logam las sebesar 86,6 dan kekuatan tarik sebesar 2300.66 kgf dikarenakan cacat IP (incomplete penetration) pada hasil las an, sedangkan pada filler E71T-1C dengan cara pengelasan backweld memiliki nilai kekerasan tinggi pada area HAZ sebesar 83,3 dan kekuatan tarik sebesar 4221.69 kgf*

**Kata kunci** : Las FCAW , Filler AWS A5.18 ER70S-6, Filler E71T-1C

*HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN*

# **“EFFECT OF FILLER VARIATION ER70S-6 AND E71T-1C IN USING SA-36 STEEL USE GMAW AND FCAW WELDING METODE”**

**Name** : Ely Styra Arga  
**NRP** : 10211500000115  
**Departement** : Teknik Mesin Industri FV-ITS  
**Concellor Lecture** : Ir. Subowo MS.c

## **Abstract**

*At this time the welding process is used in the implementation of construction steel buildings, construction machinery and each other. The welding process should really pay attention to the suitability between the welding properties and the material properties to be welded. The material is ASTM A36 to know the welding result with filler variation to hardness test, micro structure test and tensile strength test.*

*This research uses experimental method to know the difference of welding result with filler variation ER70S-6 and E71T-1C. The test was conducted in Workshop of Industrial Engineering Department of FV-ITS Surabaya. The parameters observed in this research are hardness test, metallographic test, and tensile strength test.*

*From the test results can be obtained results on the filler ER70S-6 has highest hardness value at the weld metal area of 86.6 and tensile strength amount 2300.66 N / mm<sup>2</sup> caused incomplete penteration deflected, while the E71T-1C filler with backweld metode has high hardness value in the HAZ area of 83.3 and tensile strength amount 4221.69 kgf.*

**Keywords:** Las GMAW, Las FCAW, AWS Filler A5.18 ER70S-6, Filler E71T-1C.



*HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN*

## **KATA PENGANTAR**

Dengan mengucap puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, serta atas segala Rahmat dan Karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir yang berjudul:

### **“PENGARUH VARIASI FILLER ER70S-6 DAN E71T-1C PADA PENGELASAN BAJA SA-36 MENGGUNAKAN METODE PENGELASAN GMAW DAN FCAW”**

Dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Industri FV-ITS untuk bisa dinyatakan lulus dengan mendapat gelar ahli Madya.

Kiranya penulis tidak akan mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini tanpa bantuan, saran, dukungan, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada:

1. Orang tua tercinta Bapak dan Ibu serta adik yang selalu memberikan semangat, doa, serta dukungan dalam bentuk apapun.
2. Bapak Ir. Subowo M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk memberikan ide, arahan, bimbingan dan motivasi selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr.Ir. Heru Mirmanto, M.T selaku ketua Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.

4. Bapak Ir. Suhariyanto, M.T selaku koordinator Tugas Akhir.
5. Tim Dosen Penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan guna kesempurnaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr.Ir. Heru Mirmanto, M.T selaku dosen wali.
7. Segenap Bapak/Ibu Dosen Pengajar dan Karyawan di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS, yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan selama penulis menuntut ilmu di kampus ITS.
8. Partner Tugas Akhir yaitu M. Fatahillah R, terima kasih atas telah memberi semangat dan bantuan dari awal mengerjakan sampai Tugas Akhir ini selesai.
9. Teman – teman sekontrakan dan grub main yang selalu mengingatkan, membantu dan memberi dukungan.
10. Teman – teman angkatan 2015, terima kasih atas kebersamaan dan kerjasamanya selama ini, yang telah memberi bantuan, dukungan, motivasi, dan doa kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
11. Serta berbagai pihak yang belum tertulis, terima kasih atas kerjasamnaya dan bantuan yang telah diberikan sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak yang mengembangkan Tugas Akhir ini menjadi lebih baik. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca dan mahasiswa, khususnya mahasiswa Program Studi Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS.

Surabaya, Juni 2018

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDJUL</b> .....	i
<b>TITLE PAGE</b> .....	ii
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	2
<b>1.6 Medologi Penelitian</b> .....	3
<b>1.7 Sistematika Penulisan</b> .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	5
<b>2.1 Pengelasan</b> .....	5
<b>2.2 Las GMAW</b> .....	6
<b>2.2.1 Las GMAW/MIG</b> .....	6
<b>2.2.2 Proses Mesin Las MIG (Metal Inert Gas)</b> .....	7

2.2.3 Jenis-jenis Gas Pelindung .....	8
2.3 Las FCAW .....	9
2.3.1 Proses Mesin Las FCAW (Flux Core Arc Welding) ..	10
2.3.2 Jenis-jenis Metode FCAW .....	11
2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan Las FCAW .....	11
2.4 Elektroda .....	14
2.4.1 Elektroda AWS A5.18 ER70S-6 .....	14
2.4.2 Elektroda AWS A5.2 E71T-1C .....	15
2.5 Logam Induk .....	15
2.2.1 Kandungan karbon .....	18
2.2.2 Material SA 36 .....	21
2.4 Pengujian .....	22
2.4.1 Pengujian Tarik .....	22
2.4.2 Uji Kekerasan .....	25
2.4.3 Pengamatan Mikrostruktur .....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	29
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	29
3.2 Rancangan Percobaan .....	30
3.2.1 Persiapan Bahan dan Alat .....	30
3.2.2 Persiapan Spesimen .....	31
3.3 Pembuatan Groove .....	32
3.4 Waktu Penelitian .....	32
3.5 Tempat Penelitian .....	33
3.5 Proses Pengelasan .....	33

3.5.1 Pengelasan Plat dengan Filler ER70S-6 .....	33
3.5.2 Pengelasan Plat dengan Filler E71T-1C .....	33
3.6 Pembagian Spesimen.....	35
3.7 Pengujian.....	35
3.7.1 Pengujian Tarik .....	35
3.7.2 Pengujian Kekerasan .....	37
3.7.3 Pengamatan Mikrostruktur .....	39
BAB IV PEMBAHASAN .....	41
4.1 Hasil Pengujian.....	41
4.1.1 Hasil Pengujian Uji Tarik.....	42
4.1.2 Hasil Pengujian Kekerasan .....	46
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	51
5.1 KESIMPULAN .....	51
5.2 SARAN .....	51
DAFTAR PUSTAKA .....	53
LAMPIRAN.....	55
BIODATA PENULIS.....	71

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Las GMAW.....	6
<b>Gambar 2.2</b> Proses Pengelasan MIG.....	7
<b>Gambar 2.3</b> Las FCAW.....	10
<b>Gambar 2.4</b> Proses Pengelasan FCAW .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Hubungan Antara Kandungan Karbon dan Sifat Mekanis.....	18
<b>Gambar 2.6</b> Grafik tegangan Regangan.....	23
<b>Gambar 2.7</b> Mesin Uji Tarik.....	24
<b>Gambar 2.8</b> Alat Uji Mikrostruktur.....	27
<b>Gambar 3. 1</b> Dimensi Plat A36.....	31
<b>Gambar 3. 2</b> Pembuatan Square Groove.....	32
<b>Gambar 3. 3</b> Pembuatan V-groove.....	32
<b>Gambar 3. 4</b> Hasil Las Dengan Filler ER70S-6.....	33
<b>Gambar 3. 5</b> Parameter Pengelasan FCAW.....	34
<b>Gambar 3. 4</b> Hasil Las dengan Filler E71T-1C.....	34
<b>Gambar 3. 5</b> Gambar Penampang Las an GMAW.....	35



<b>Gambar 3. 8</b>	Gambar Penampang Las an FCAW dengan Back Weld.....	35
<b>Gambar 3. 9</b>	Dimensi specimen tarik.....	36
<b>Gambar 3. 10</b>	Spesimen Uji Tarik.....	37
<b>Gambar 3. 11</b>	Alat Uji Kekerasan Rockwell.....	38
<b>Gambar 3. 2</b>	Spesimen Uji Kekerasan.....	38
<b>Gambar 4.1</b>	Penampang Hasil Las an GMAW.....	42
<b>Gambar 4.2</b>	Penampang Hasil Las an FCAW.....	42
<b>Gambar 4.3</b>	Spesimen Hasil Uji Tarik.....	43
<b>Gambar 4.4</b>	Grafik Tegangan Tarik.....	45
<b>Gambar 4.5</b>	Letak Pengujian Kekerasan Filler ER70S-6.....	46
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil Pengujian Kekerasan Filler ER70S-6.....	46
<b>Gambar 4.7</b>	Letak Pengujian Kekerasan Filler E71T-1C.....	47
<b>Gambar 4.8</b>	Hasil Pengujian Kekerasan Filler E71T-1C.....	47
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik Hasil Uji Kekerasan.....	49

## DAFTAR TABEL

<b>Table 2.1</b> Komposisi Kimia Elektroda E71T-1C.....	15
<b>Tabel 2.2</b> Klasifikasi Baja Karbon.....	17
<b>Tabel 2.3</b> Karakteristik dari Lima Elemen pada Baja.....	19
<b>Tabel 2.4</b> Nilai Chemical Composition dalam Persen.....	21
<b>Tabel 2.5</b> Sifat Mekanik SA 36.....	22
<b>Table 3.1</b> Etching Reagent Untuk Melihat Macrostructure.....	39
<b>Table 3.1</b> Etching Reagent Untuk Melihat Microstructure.....	39
<b>Tabel 4.1</b> Perhitungan A0 dan UTS.....	44
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Pengujian Tarik dan Rata-Rata.....	45
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Uji Kekerasan.....	48

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Semakin pesatnya kemajuan ilmu dan teknologi pada masa kini, dari berbagai jenis pengelasan yang telah dikenal, pengelasan pada konstruksi bangunan mempunyai suatu persyaratan dari Badan Klasifikasi yang mengawasi dan memberikan kelayakan tentang kekuatan konstruksi. Untuk memenuhi persyaratan yang dituntut badan klasifikasi, maka peran juru las sangatlah besar, dan untuk itu teknik – teknik pengelasan harus diikuti agar mendapatkan mutu las yang baik dan dapat diterima oleh badan klasifikasi.

Pada pengelasan konstruksi bak truck pada Karoseri SKA menggunakan metode pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) dengan material baja SA-36. Oleh karena itu bahwa perancangan konstruksi bak truck dengan sambungan las harus direncanakan pula tentang teknik pengelasan, bahan las, dan jenis las yang digunakan serta pemeriksaannya.

Salah satu permasalahan dalam pengelasan suatu material logam dari studi kasus sebuah konstruksi bak truck yaitu proses pengelasan tanpa adanya pengujian lanjut dari hasil pengelasan sebagai acuan sop standard proses pengelasan agar didapatkan hasil yang baik. Dengan melihat kasus di lapangan seperti ini dengan melakukan pengujian dari hasil las karoseri SKA dan merubah filler yang digunakan pada saat proses pengelasan yang dilakukan, diharapkan dapat memperbaiki hasil pengelasan yang jauh lebih baik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana nilai kekerasan, uji tarik dan mikrostruktur pengelasan pada baja SA-36 dengan menggunakan filler ER70S-6 dengan pengelasan GMAW
2. Bagaimana nilai kekerasan, uji tarik dan mikrostruktur pengelasan pada baja SA-36 dengan menggunakan filler E71T-1C dengan pengelasan FCAW.

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah baja SA-36.
2. Tebal plat yang digunakan 6 mm.
3. Proses pengelasan menggunakan FCAW dengan menggunakan filler E71T-1C.
4. Proses pengelasan menggunakan GMAW dengan menggunakan filler ER70S-6.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan perumusan masalah yang dikemukakan maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui nilai kekerasan, uji tarik dan mikrostruktur pengelasan pada baja SA-36 dengan menggunakan filler E71T-1C dengan pengelasan GMAW.
2. Mengetahui nilai kekerasan, uji tarik dan mikrostruktur pengelasan pada baja SA-36 dengan menggunakan filler E71T-1C dengan pengelasan FCAW.

## **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Memperkaya keilmuan Teknik terutama dalam bidang pengujian logam, pengelasan, dan bahan Teknik. Sehingga

- dapat meningkatkan pengetahuan baik untuk masyarakat umum maupun bagi juru las.
2. Memberikan kontribusi pada dunia akademis dan praktisi tentang pengaruh variasi filler pada hasil pengelasan.
  3. Memberikan data dari hasil pengujian pengelasan pada Karoseri yang bersangkutan.

## **1.6 Medologi Penelitian**

Metodologi panelitian yang digunakan penulis untuk mencapai tujuan penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Studi Literatur  
Untuk menambah wawasan perlu studi literature dengan mempelajari buku-buku tentang pengelasan dan pengujian destructive test berupa uji kekerasan, makro etsa, mikro etsa, dan uji tarik atau karya ilmiah yang berhubungan dengan masalah yang dihadapi.
2. Konsultasi dengan Dosen Pembimbing  
Dalam penulisan tugas akhir ini perlu mengadakan konsultasi atau respon dengan dosen pembimbing.
3. Observasi Data  
Melakukan observasi data-data terkait pengelasan dan benda kerja melalui internet dan dari hasil pengamatan langsung dengan masalah yang dihadapi di lapangan.
4. Analisa Data  
Menganalisa hasil pengujian kekerasan, struktur mikro, dan tarik yang terjadi pada bagian logam hasil las, HAZ, dan Base Metal setelah dilakukan pengelasan dengan variasi arus listrik menggunakan buku-buku pedoman.
5. Membuat Kesimpulan  
Setelah menyelesaikan tugas akhi dapat diambil kesimpulan tentang hasil dari proses dan analisa tersebut.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Agar hasil pemikiran penulis dapat dimengerti dan dipahami secara keseluruhan, maka penulisan tugas akhir ini akan ditulis menurut sistematika penulisan secara umum yaitu:

- **BAB I PENDAHULUAN**  
Pada Bab I menjelaskan tentang latar belakang perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
- **BAB II DASAR TEORI**  
Pada Bab II ini menjelaskan tentang teori – teori yang menunjang pelaksanaan penelitian.
- **BAB III METODOLOGI**  
Pada Bab III ini menjelaskan metodologi penelitian, diagram langkah penelitian, spesifikasi, dan langkah proses pengujian-pengujian yang dilakukan.
- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**  
Pada Bab IV akan dibahas mengenai hasil pengujian kekerasan yang diambil pada base metal, weld metal, dan HAZ dengan titik titik yang berbeda.
- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**  
Pada Bab V berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran-saran konstruktif untuk penelitian selanjutnya.
- **DAFTAR PUSTAKA**
- **LAMPIRAN**

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 Pengelasan**

Definisi pengelasan menurut AWS (American Welding Soecity) adalah proses penggabungan yang menghasilkan peleburan material dengan cara memanaskan material tersebut hingga temperature pengelasan, dengan atau tanpa tekanan atau hanya menggunakan tekanan, dan dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi. Dari definisi tersebut perlu ditinjau lebih lanjut mengenai bagian yang penting sebagai berikut.

1. Yang dimaksud dengan peleburan material adalah tidak adanya gangguan fisik dalam penyatuan bagian yang disambung, bukan seperti pemasangan yang menggunakan baut atau keeling yang pasti menyisakan celah.
2. Temperature pengelasan adalah suhu yang diperlukan untuk proses penyambungan, tidak selalu diartikan temperature leleh (melting point) dari material yang disambung. Temperature yang digunakan menyesuaikan dengan jenis yang akan dilakukan, dan berkaitan dengan perlu atau tidaknya tekanan pada proses pengelasan tersebut.
3. Perlu atau tidaknya tekanan tergantung dari jenis pengelasan yang akan digunakan dan temperature penyambungan pada proses pengelasan. Secara umum proses pengelasan dapat dilakukan dalam jangkauan yang luas mulai dari tanpa tekanan dengan temperature leleh material, hingga tekanan yang besar sehingga mampu menyebabkan deformasi plastis tanpa perlu memanaskan material sampai temperature lelehnya.
4. Perlu atau tidaknya penggunaan logam pengisi tergantung dari jenis pengelasan. Apabila menggunakan logam

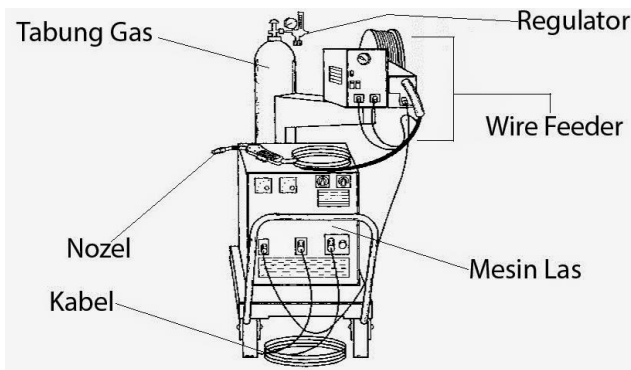


pengisi, sebaiknya digunakan logam pengisi dari jenis yang sama dengan material yang sama.

## 2.2 Las GMAW

### 2.2.1 Las GMAW/MIG

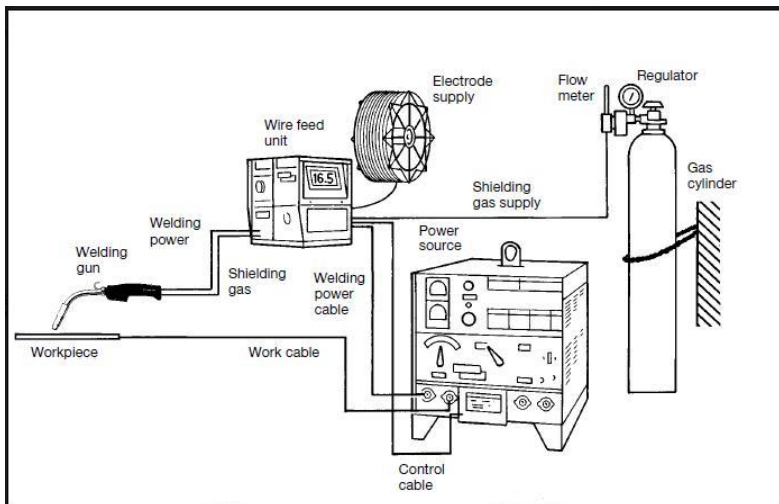
Las MIG (*Metal Inert Gas*) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (*filler metal*) yang sama dengan logam dasarnya (*base metal*) dan menggunakan gas pelindung (*inert gas*). Las MIG (*Metal Inert Gas*) merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas argon dan CO<sub>2</sub> sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer.



**Gambar 2.1** Las GMAW

### 2.2.2 Proses Mesin Las MIG (Metal Inert Gas)

Proses pengelasan MIG (*Metal Inert Gas*), panas dari proses pengelasan ini dihasilkan oleh busur las yang terbentuk diantara elektroda kawat (*wire electrode*) dengan benda kerja. Selama proses las MIG, elektroda akan meleleh kemudian menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las. Gas pelindung digunakan untuk mencegah terjadinya oksidasi dan melindungi hasil las selama pembekuan. Proses pengelasan MIG beroperasi menggunakan arus searah DC biasanya menggunakan elektroda kawat positif. Ini dikenal sebagai polaritas terbalik (*reverse polarity*). Polaritas searah sangat jarang digunakan karena transfer logam yang kurang baik dari elektroda kawat ke benda kerja. Hal ini karena polaritas searah, panas terletak pada elektroda. Adapun proses las dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 2.2** Proses Pengelasan MIG

### 2.2.3 Jenis-jenis Gas Pelindung

Gas-gas pelindung untuk MIG (*Metal Inert Gas*) adalah pelindung untuk mempertahankan atau menjaga stabilitas busur dan perlindungan cairan logam las dari kontaminasi selama pengelasan, terutama dari atmosfer dan pengotoran daerah las. Fungsi utama gas pelindung adalah untuk membentuk sekeliling daerah pengelasan dengan media pelindung yang tidak bereaksi dengan daerah las tersebut. Sedangkan fungsi utama dari gas pelindung adalah mengusir udara disekitar busur dan kolam las agar tidak bersinggungan dengan cairan metal untuk mencegah terjadinya proses oksidasi metal tersebut oleh oksigen dalam udara. Jenis gas pelindung yang digunakan untuk mengelas baja karbon dan baja paduan adalah sebagai berikut:

#### a. Gas Argon

Argon adalah jenis gas pelindung yang digunakan secara sendiri atau dicampur dengan gas lainnya untuk mencapai karakteristik busur yang diinginkan pada proses pengelasan logam fero maupun non fero. Hampir semua proses pengelasan GMAW dapat menggunakan gas argon atau campuran gas argon untuk mendapatkan mampu las, property mekanik, karakteristik busur dan produktifitas yang baik. Gas argon digunakan secara sendiri tanpa campuran untuk proses pengelasan logam non fero, seperti aluminium, paduan nikel, paduan tembaga, dan lainnya. Gas argon dapat menghasilkan stabilitas busur yang baik pada pengelasan busur spray, dan menghasilkan penetrasi serta bentuk bead weld yang baik. Ketika menggunakan logam fero, gas argon biasanya dicampur dengan gas lainnya seperti oksigen, dan helium.

b. Gas Helium

Helium adalah gas pelindung yang digunakan untuk proses pengelasan yang membutuhkan masukan panas (*heat input*) yang lebih besar untuk meningkatkan bead weld, penetrasi yang lebih dalam dan kecepatan pengelasan yang lebih cepat.

c. Karbon Dioksida

Gas karbon dioksida umumnya digunakan untuk proses pengelasan logam fero. Kelebihan dari gas pelindung karbon dioksida adalah kecepatan pengelasan yang cepat dan penetrasi yang lebih dalam. Gas karbon dioksida juga dapat dicampur dengan gas pelindung lainnya untuk menambah karakteristik kimia gas tersebut.

## 2.3 Las FCAW

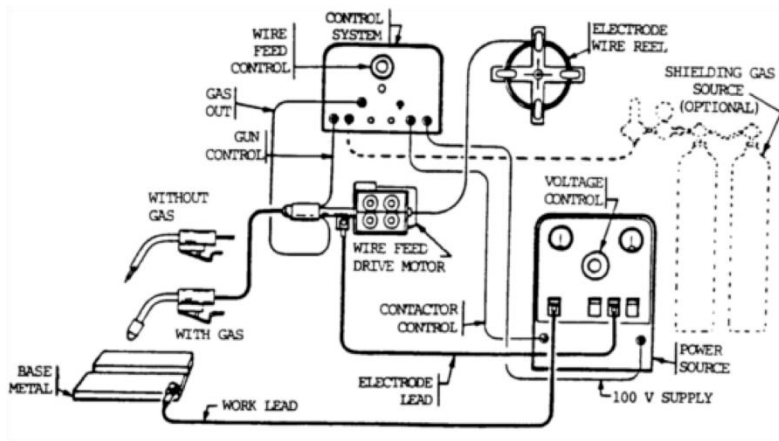
Las FCAW (Flux Core Arc Welding) yaitu merupakan proses penyambungan dua material logam atau lebih menjadi satu melalui proses pencairan setempat, dengan menggunakan elektroda gulungan (filler metal) yang sama dengan logam dasarnya (base metal) dan menggunakan gas pelindung (inert gas). Pada pengelasan FCAW ini jenis pelindung yang digunakan adalah flux atau serbuk yang berada di inti kawat las (kawat las digulung dalam sebuah roll)



**Gambar 2.3** Las FCAW

### **2.3.1 Proses Mesin Las FCAW (Flux Core Arc Welding)**

Proses pengelasan FCAW (Flux Core Arc Welding), panas dari proses pengelasan ini dihasilkan oleh busur las yang terbentuk diantara elektroda kawat (wire electrode) dengan benda kerja. Selama proses las FCAW, elektroda akan meleleh kemudian menjadi deposit logam las dan membentuk butiran las. Flux pelindung digunakan untuk mencegah terjadinya oksidasi dan melindungi hasil las selama pembekuan. FCAW menggunakan elektroda dimana terdapat serbuk flux di dalam batangnya. Butiran-butiran dalam inti kawat ini menghasilkan sebagian atau semua shielding gas yang diperlukan. Jadi berlawanan dengan GMAW, dimana seluruh gas pelindung berasal dari sumber luar. FCAW bisa juga menggunakan gas pelindung tambahan, tergantung dari jenis elektroda, logam yang dilas, dan sifat dari pengelasan yang dikerjakan. . Adapun proses las dapat dilihat pada gambar berikut ini:



**Gambar 2.4** Proses Pengelasan FCAW

### 2.3.2 Jenis-jenis Metode FCAW

1. Self Shielding FCAW-SS (Pelindungan sendiri) , yaitu melindungi las yang mencairdengan gas dari hasil penguapan dan reaksi inti fluks.
2. Gas Shielding FCAW-GS (perlindungan gas) = dual gas, yaitu melindungi las yang mencair selain dengan gas sendiri juga ditambah gas pelindung dari luar sistem.

### 2.3.3 Kelebihan dan Kekurangan Las FCAW

1. Kelebihan Las FCAW-SS
  - a. Filler metal menghilangkan kebutuhan terhadap gas pelindung dari luar dan mentoleransi kondisi angin yang lebih kuat tanpa menimbulkan porosity. Proses ini dianggap sama dengan proses elektroda terbungkus terhadap toleransi angin.

- b. Bisa digunakan untuk pengelasan dari arah satu sisi, pada sambungan T-Y-K seperti struktur anjungan lepas pantai untuk menggantikan elektroda terbungkus.
  - c. Bisa digunakan untuk fill pass pengelasan semua posisi pada butt weld atau fillet weld. Juru las perlu dilatih dengan prosedur khusus tetapi proses tersebut mudah dipakai.
  - d. Bisa digunakan untuk pengelasan benda-benda tebal, pipelines dan pelapisan.
2. Kelebihan Las FCAW-GS
- a. Penetrasinya dalam dan laju pengisian lebih tinggi dibandingkan dengan proses SMAW. Dengan demikian proses las ini menjadi lebih ekonomis pada pekerjaan di bengkel-bengkel las.
  - b. Unsur-unsur paduan bisa ditambahkan pada inti flux untuk membuat jenis komposisi menjadi lebih banyak, termasuk beberapa logam paduan rendah dan stainless steel.
  - c. Flux memberikan perlindungan bagus pada kawah las dengan membentuk selubung gas pelindung dan lapisan slag.
  - d. Cocok untuk pengelasan semua posisi tanpa menimbulkan masalah lack of fusion seperti yang terdapat pada GMAW hubungan singkat.
3. Kelemahan Las FCAW
- a. Las FCAW-G dan FCAW-SS kedua-duanya membentuk lapisan slag yang harus dikikis diantara lapisan-lapisan las.
  - b. FCAW-G ataupun FCAW-SS bukan merupakan proses low hydrogen

- c. Filler metal harus dibeli dari pabrik elektroda yang dilengkapi dengan syarat-syarat low hydrogen.
- d. Pengelasan yang dilakukan dengan proses ini dapat menimbulkan notch toughness yang buruk.
- e. Filler metal yang digunakan harus memenuhi persyaratan uji impak seperti elektroda T-1, T-5 dan T-8. Elektroda-elektroda ini umumnya memiliki kandungan hydrogen lebih rendah dan mempunyai persyaratan kimia khusus untuk menghasilkan sifat yang lebih konsisten.
- f. Proses pengelasan FCAW-G tidak boleh dilakukan apabila kecepatan angin lebih dari 5 mph karena ada resiko porosity berlebihan. Menaikkan aliran gas untuk mengatasi hembusan angin yang tinggi bukan menyelesaikan masalah, karena dapat menimbulkan kondisi yang lebih buruk karena menghasilkan turbulensi yang akan menarik udara disekitarnya.
- g. Proses FCAW-G menghasilkan lebih banyak asap dari pada kawat solid GMAW.
- h. Kawat FCAW-SS bahkan menimbulkan lebih banyak asap, sehingga pada pekerjaan di bengkel-bengkel las dibutuhkan ventilasi yang memadai dan kadang-kadang memerlukan alat khusus pembuang asap di daerah welding gun. Tingkat asap pada FCAW-SS stainless steel atau pada kawat-kawat FCAW-G hampir sama dengan elektroda stick, dan lebih kecil dari pada kawat carbon steel berpelindung diri (self-shielded wires).
- i. Pengelasan yang dilakukan dengan kawat FCAW-SS perlu kontrol yang ketat terhadap



tebal dan lebar bead dan elektrode stickout guna mendapatkan sifat-sifat ketangguhan yang tinggi.

## **2.4 Elektroda**

Hasil maksimal akan dapat dicapai apabila jenis kawat elektroda yang digunakan sama dengan jenis logam yang dilas. Bentuk kawat elektroda yang digunakan pada MIG (*Metal Inert Gas*) secara umum adalah *solid wire* dan *flux core wire*. Dimana penggunaan kedua tipe tersebut sangat tergantung pada jenis pekerjaan. Solid wire digunakan secara luas untuk mengelas konstruksi ringan sampai sedang dan dioperasikan pada ruangan yang relative tertutup sehingga gas pelindungnya tidak tertiup oleh angin. Sedangkan flux core wire lebih banyak dipakai untuk pengelasan konstruksi sedang sampai berat dan tempat pengelasannya memungkinkan lebih terbuka (ada sedikit tiupan angin). Untuk menjaga agar kawat elektroda tidak rusak atau berkarat. Terutama dalam penyimpanan, maka perlu dikemas. Kemasan/pengepakan yang banyak dijumpai dalam perdagangan adalah berupa gulungan/rol dimana berat gulungan kawat yang banyak digunakan adalah 15 kg, 17 kg, dan 30 kg.

### **2.4.1 Elektroda AWS A5.18 ER70S-6**

Elektroda AWS A5.18 ER70S-6 adalah sejenis kawat las yang memiliki kecepatan leleh kawat las relative cepat ketika proses pengelasan. Elektroda ini memiliki busur stabil, spatter rendah dan penampilan cantik. Tahan korosi yang baik pada permukaan bahan dasar sehingga menurunkan probabilitas formasi *blowhole*. Dapat digunakan dalam semua posisi pengelasan dan memiliki

kinerja yang baik. Elektroda ini menggunakan CO<sub>2</sub> atau Ar + CO<sub>2</sub> sebagai gas perlindungan. Berikut ini komposisi kimia untuk elektroda AWS A5.18 ER70S-6 sebagai berikut:

#### 2.4.2 Elektroda AWS A5.2 E71T-1C

Elektroda E71T-1C memiliki percikan dan asap lebih rendah daripada produk lain di kelasnya. Elektroda ini diperuntukkan untuk pengelasan single pass dan multipass untuk baja karbon rendah dan baja paduan rendah tertentu di semua posisi, terutama dalam posisi overhead dan vertical. Elektroda ini digunakan untuk logam dengan kekuatan tarik minimum sebesar 70.000 psi.

**Table 2.1** Komposisi Kimia Elektroda E71T-1C

		C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
AWS		0.12	1.75	0.9	0.03	0.03	0.35	0.5	0.2	0.3	0.08
Result	100%	0.066	1015	0.66	0.015	0.012	0.15	0.01	0.02	<0.001	<0.001
	75/25	0.037	1.3	0.76	0.011	0.009	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02

### 2.5 Logam Induk

Pada proses pengelasan tidak terlepas dari benda yang akan disambung atau yang biasanya dikenal dengan *base metal* atau *parent material*. Pada proses pengelasan *base metal* berupa baja baik karbon rendah sampai campuran. Logam baja sendiri dihasilkan dari pengolahan lanjut besi kasar pada dapur converter, Siemens Martin / dapur listrik, dimana hasil pengolahan dari dapur-dapur tersebut menghasilkan baja karbon yang mempunyai kandungan karbon maksimum 1,7%. Baja karbon sangat banyak jenisnya,

dimana komposisi kimia, sifat mekanis, ukuran, bentuk, dan lain-lain dispesifikasikan untuk masing-masing penggunaan pada Standart Industri Jepang (JIS). Adapun pembagian jenis-jenis baja karbon:

1. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3 %C. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling murah diproduksi diantara semua karbon, mudah di *machining* dan dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga pada penggunaannya, baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar dan lain-lain.

2. Baja karbon menengah (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon 0,3% - 0,6%C. Baja karbon menengah memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas renggang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan (*quenching*) dengan baik. Baja karbon rendah dapat digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi dan lain-lain.

### 3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

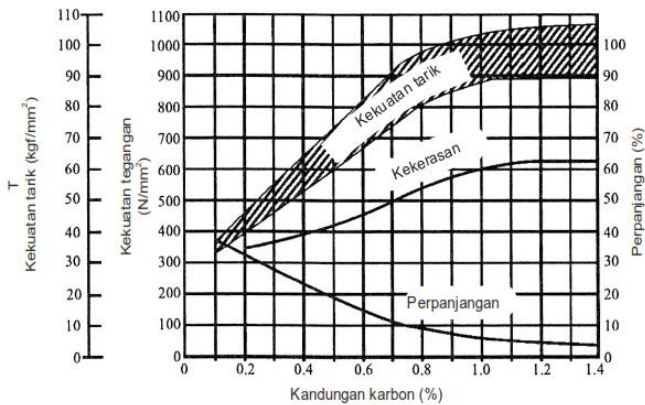
Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6% - 2,0%C dan memiliki tahanan panas yang tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik yang paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools*. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji dan lain-lain

**Tabel 2.2** Klasifikasi Baja Karbon

Jenis	Kandungan karbon	Penggunaan utama
Baja karbon rendah atau baja lunak	0,08% sampai 0,3%	Baja roll biasa atau plat baja, profil, pipa, gulungan.
Baja karbon sedang	0,31% sampai 0,6%	Baja untuk struktur mesin, poros, roda gigi, baut, mur.
Baja karbon tinggi atau baja keras	0,6% sampai 2,0%	Baja rel kereta api, baja perkakas, baja pegas, baja alat ukur

### 2.2.1 Kandungan karbon

Sifat baja berubah sesuai dengan kondisi pembuatan baja dan metode perlakuan panas. Sifat mekanis dari baja besar perbedaannya sesuai dengan kandungan karbon. Umumnya dengan kandungan karbon yang lebih tinggi menaikkan tegangan tarik, titik mulur dan kekerasan tetapi menurunkan *machineability* dan sifat mampu las serta cenderung retak. Maka baja bila akan dilas harus mempunyai kandungan karbon rendah.



**Gambar 2.5** Hubungan Antara Kandungan Karbon dan Sifat Mekanis

Selain karbon, terdapat beberapa kandungan kimia pada baja. Kandungan-kandungan yang ada pada baja tersebut memiliki fungsi atau manfaat yang berbeda. Hal tersebut dapat mempengaruhi kemampuan baja untuk dilas. Berikut kandungan-kandungannya.

**Tabel 2.3** Karakteristik dari Lima Elemen pada Baja

Nama Elemen	Simbol	Karakteristik	Sifat Mampu Las
Karbon	C	Paling besar pengaruhnya pada sifat baja. Menambah kekuatan tarik, kekerasan tetapi mengurangi kemuluran.	Umumnya kandungan karbon 0,2% atau lebih rendah menjamin sifat mampu las yang lebih baik.
Silikon	Si	Baja dengan kandungan silikon tinggi sukar diroll. Sehingga kandungan silikon tidak boleh lebih dari 0,3%. Penambahan sekitar 0,3% silikon menaikkan sedikit kekuatan dan kekerasan.	Penambahan silikon 0,6% atau lebih rendah tidak mengganggu sifat mampu las.
Mangan	Mn	Menaikkan kekuatan dan kekerasan baja. Normalnya, baja mengandung	Penambahan mangan menjamin sifat mampu las yang baik bila kandungannya

		0,2% - 0,8% mangan.	tidak lebih dari 1,5%.
Fosfor	P	Untuk baja, fosfor adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak dingin.	Karena penambahan fosfor mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%.
Belerang	S	Untuk baja, belerang adalah pengotor, membuat baja rapuh, menyebabkan retak panas.	Karena penambahan belerang mengganggu sifat mampu las, kandungannya tidak boleh lebih dari 0,04%. Kandungan belerang yang lebih tinggi juga menyebabkan pembentukan ikatan belerang yang

			menyebabkan baja retak.
--	--	--	----------------------------

### 2.2.2 Material SA 36

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah jenis material plat SA 36. Material SA 36 sendiri merupakan baja karbon rendah yang memiliki kandungan karbon 0.12% sesuai dengan *mill certificate* bahan dan memiliki kekuatan luluh minimal 36 ksi atau setara dengan 249 MPa. Untuk komposisi kimia dan sifat mekaniknya dapat dilihat pada data dibawah ini:

**Tabel 2.4** Nilai *Chemical Composition dalam Persen*

C	Si	Mn	P	S	Nb	Cu	Cr	Ni
$\times 10^{-2}$			$\times 10^{-3}$			$\times 10^{-3}$		
12	23	74	13	8	1	2	0	2



**Tabel 2.5 Sifat Mekanik SA 36**

Standard	Grade	Mechanical properties					
		Tensile test (transverse)			Impact test		
		Yield strength MPa	Tensile strength MPa	Elongation %	Temp. °C	Average energy J vert.    trans.	
GB/T 700	Q235B	≥ 235	370-500	≥ 26	+20	≥ 27	-
JIS G3101	SS400	≥ 235	400-510	≥ 21	-	-	-
ASTM A36	A36	≥ 250	400-550	≥ 23	-	-	-
ASTM A283	Gr.C	≥ 205	380-515	≥ 22	-	-	-
EN10025	S235JR	≥ 235	350-510	≥ 26	+20	≥ 27	-

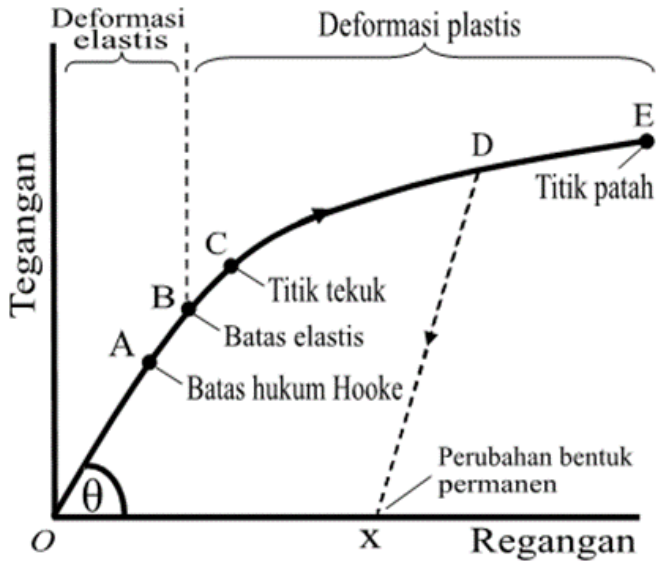
## 2.4 Pengujian

Seluruh specimen yang selesai dilakukan pengelasan akan dipotong sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan untuk melakukan pengujian sifat mekanik melalui uji tarik, uji kekerasan, dan pengamatan mikrostruktur.

### 2.4.1 Pengujian Tarik

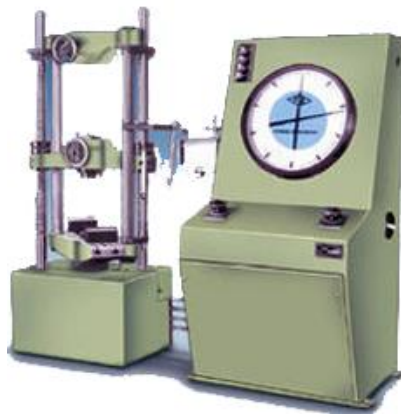
Uji tarik adalah salah satu uji stress-strain mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Pengujian tarik untuk mengetahui berapa besar nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik pada arah yang berlawanan arah pada salah satu ujung benda. Penarikan gaya terhadap beban akan mengakibatkan terjadinya deformasi pada bahan tersebut. Proses terjadinya deformasi pada bahan uji adalah proses pergeseran butiran kristal logam yang mengakibatkan lemahnya gaya elektromagnetik setiap atom

logam hingga terlepas ikatan tersebut oleh penarikan gaya maksimum. Pada pengujian tarik beban diberikan secara continue dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan dan regangan.



**Gambar 2.6** Grafik tegangan Regangan

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari logam induk setelah mengalami proses pengelasan. Pengujian tarik dilakukan dengan cara memberikan beban tarik pada batang uji secara perlahan-lahan sampai benda uji putus atau patah. Peralatan yang digunakan untuk pengujian tarik adalah alat uji tarik dan jangka sorong.



**Gambar 2.6** Mesin Uji Tarik

Langkah-langkah Pengujian Tarik:

1. Tancapkan stop kontak ke PLN
2. Tekan power on/off
3. Hidupkan computer
4. Pilih software U 60
5. Tekan up/down untuk mengatur posisi benda kerja
6. Pemasangan benda kerja
7. Setting handle
8. Tekan up/down untuk mengatur benda kerja
9. Klik start test atau F3 pada layer monitor untuk memulai pengujian

10. Setelah benda kerja putus data akan terlihat paada monitor
11. Lakukan hal yang sama pad specimen lain

#### 2.4.2 Uji Kekerasan

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda terhadap penetrasi/tekanan dari bahan lain yang lebih keras. Nilai kekerasan dapat diketahui dengan metode diantaranya rockwell tes, brinell test, dan vikers test.

Pengujian kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada blenda uji pada masing-masing daerah yaitu daerah-daerah lasan, HAZ, dan logam induk. Pengujian kekerasan rockwell A dengan menggunakan penetrator kerucut intan 120<sup>0</sup>, beban penekanan 60 kg, lama waktu penekanan 5 detik.



**Gambar 2.7** Mesin Uji Kekerasan

Langkah -langkah pengujian kekerasan:

1. Pemasangan landasan untuk benda kerja
2. Pemasangan indentor

3. Letakkan benda kerja dilandasan
4. Pengaturan beban sesuai dengan standard pengujian
5. Putar handle landasan sampai jarum minor (jarum kecil) ketitik merah dan jarum mayor (jarum besar) keposisi nol
6. Tarik handle beban sampai jarum indicator berubah
7. Tarik handle indicator
8. Kembalikan handle indicator kemudian data dapat dibaca pengujian ini dilakukan sebanyak 13 penekanan pada daerah lasan, daerah HAZ, dan daerah logam induk.

### **2.4.3 Pengamatan Mikrostruktur**

Perlakuan panas yang terjadi pada logam akan mempengaruhi mikrostrukturnya. Perubahan mikrostruktur dapat berupa perubahan fase yang terbentuk dan distribusinya serta ukuran butir. Adanya perubahan mikrostruktur pada umumnya menimbulkan konsekuensi berubahnya sifat mekanik. Dari pengamatan mikrostrukturnya secara umum sifat mekanik dari suatu logam dapat diprediksi.

Hasil dari pengamatan struktur mikro ini akan diperlihatkan berbagai fase untuk diidentifikasi. Penyebaran dan bentuk fase dapat dipelajari dan jika sifat-sifatnya diketahui dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi tentang sifat-sifat specimen. Namun pada saat ini akan dilakukan pengamatan struktur mikro pada suatu specimen. Pada pengamatan struktur mikro umumnya yang diamati adalah ukuran butiran, bentuk butiran, dan larutan padat yang terbentuk, semakin halus dan kecil bentuk butiran, kekuatan mekanis akan bertambah baik. Larutan padat yang tersebar merata, maka kekuatan tariknya akan bertambah baik pula.

Langkah-langkah pengujian struktur mikro:

- a. Sebelum specimen yang akan dilakukan pengujian dihaluskan dan diratakan permukaannya terlebih dahulu agar dapat dilihat struktur mikronya.
- b. Setelah itu permukaan yang telah selesai dihaluskan dan diratakan kemudian dietsa menggunakan HF (hydrofluoric acid), HCl (hydrogenchloride) dan HNO<sub>3</sub> (nitric acid) benda di celupkan selama kurang lebih sepuluh detik kemudian dibilas menggunakan air dan keringkan.
- c. Benda uji yang telah dietsa diletakkan diatas landasan (anvil) tegak lurus dengan lensa mikroskop.
- d. Pembesaran yang dipakai 500X dan 1000X
- e. Menaikkan landasan (anvil) atau digeser sampai benda kerja uji terfokus ke lensa dan mendapatkan hasil gambar yang bagus, setelah focus kemudian dilakukan pemotretan.
- f. Pemotretan (pengambilan gambar) dilakukan pada tiga lokasi yang berbeda pada satu permukaan saja yaitu daerah logam induk, HAZ, dan daerah lasan.
- g. Setelah selesai pemotretan benda dilepas dari landasan.

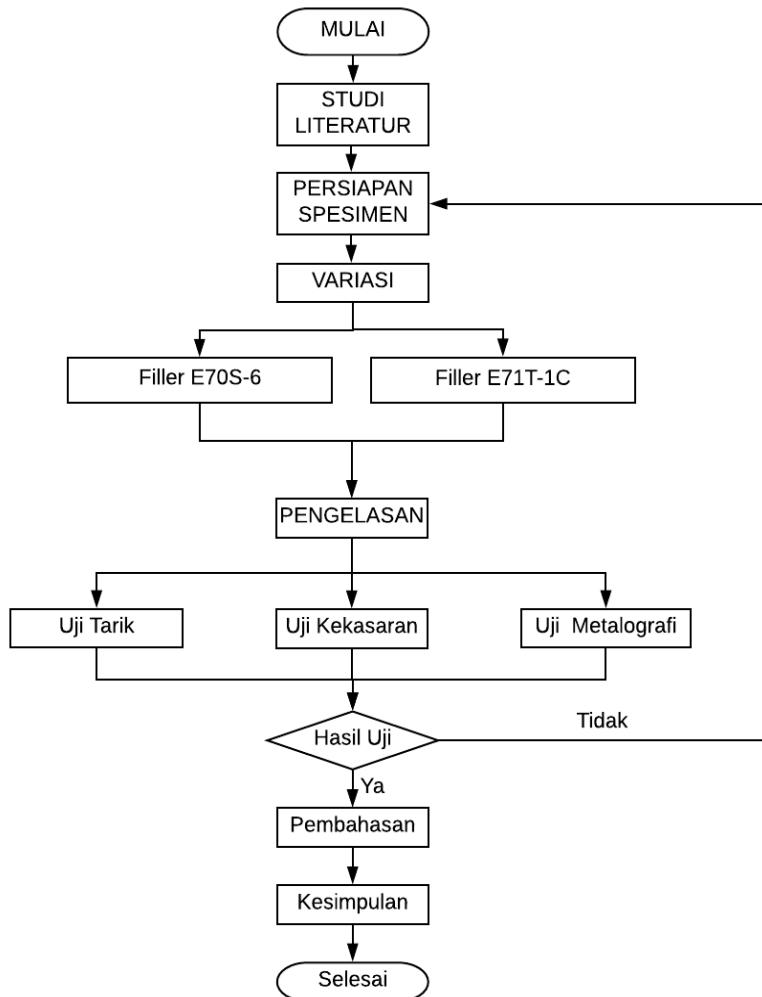


**Gambar 2.8** Alat Uji Mikrostruktur

*HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN*

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian





### **3.2 Rancangan Percobaan**

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui perbandingan pengelasan menggunakan filler ER70S-6 dan E71T-1C terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur pada daerah pengelasan. Pengujian akan dilakukan di Workshop jurusan Departemen Teknik Mesin Industri ITS Surabaya.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah: Kekuatan Tarik sambungan las pada pengelasan filler ER70S-6 dan E71T-1C diuji dengan uji Tarik sesuai standart. Kekerasan pada logam las, HAZ, logam induk diuji dengan uji kekerasan sesuai standart. Mikrostruktur yang diamati terutama dibagian sambungan las.

#### **3.2.1 Persiapan Bahan dan Alat**

Bahan yang perlu disiapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Material Baja SA-36
2. Filler ER70S-6
3. Filler E71T-1C

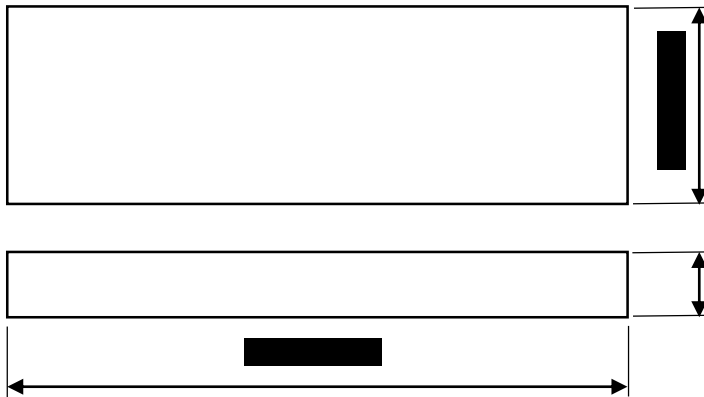
Alat yang perlu disiapkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jangka sorong, mistar, stopwatch, digunakan sebagai alat bantu pengukuran dimensi specimen, dan mengukur kecepatan pengelasan.
2. Ragum, gerinda tangan, gerinda potong, digunakan untuk memotong specimen dan membentuk specimen uji.
3. Spidol, kertas gosok, alkohol. Digunakan untuk penomoran specimen, persiapan pengamatan mikrostruktur.

4. Mesin las CIGWELD 350MIG digunakan untuk pengelasan bahan.
5. Mikroskop digital, mesin indentasi, mesin uji tarik. Digunakan untuk pengamatan mikrostruktur, uji kekerasan, dan pengujian Tarik.

### 3.2.2 Persiapan Spesimen

Pelat Baja SA-36 dibentuk dimensinya menjadi 200mm x 150mm x 6mm sebanyak 4 lembar.

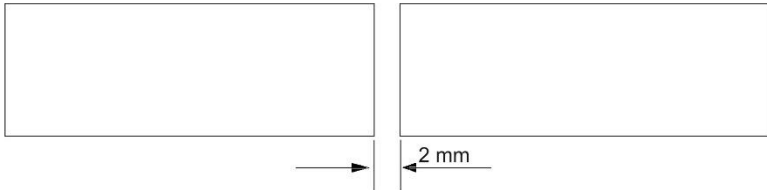


**Gambar 3. 6** Dimensi Plat A36

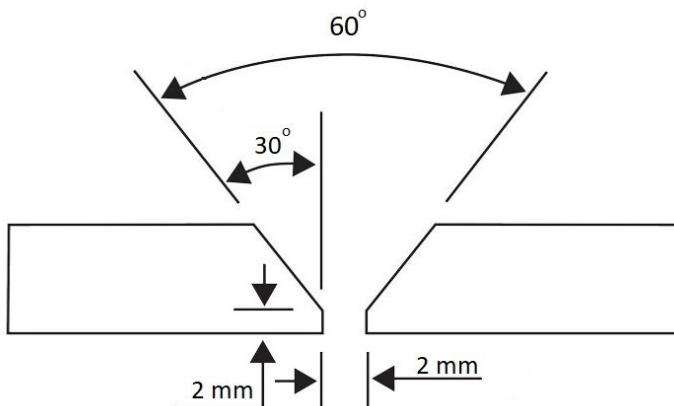
Setelah itu, sisa pemotongan dan kotoran lain dari permukaan yang akan di las dibersihkan dengan gerinda tangan atau kertas gosok menyesuaikan kondisi. Siapkan dua plat untuk pengelasan menggunakan filler ER70S-6 dan dua plat E71T-1C Plat siap untuk dilakukan pengelasan.

### 3.3 Pembuatan Groove

Pada pembuatan V-groove dan square groove ini dilakukan manual sesuai pada gambar berikut ini:



**Gambar 3. 7** Pembuatan Square Groove



**Gambar 3. 8** Pembuatan V-groove

### 3.4 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada semester genap tahun ajaran 2017/2018 yaitu bulan Februari sampai Juni 2018.

### **3.5 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Lab Metalurgi D3 Teknik Mesin Industri FV-ITS

### **3.5 Proses Pengelasan**

#### **3.5.1 Pengelasan Plat dengan Filler ER70S-6**

Pengelasan plat ini dilakukan di Karoseri SKA dengan cara welder yang biasa dilakukan sehari-hari saat proses produksi menghasilkan lasan seperti gambar berikut:



**Gambar 3. 9** Hasil Las Dengan Filler ER70S-6

#### **3.5.2 Pengelasan Plat dengan Filler E71T-1C**

Pengelasan Filler E71T-1C ini merupakan variasi yang dilakukan dengan tujuan memperbaiki kualitas las dengan penetrasi yang lebih sempurna. Setelah plat dilakukan persiapan dengan dimensi dan ketentuan sesuai standart ASME. Maka selanjutnya plat dilas dengan metode FCAW menggunakan filler ER70S-6 dan E71T-

1C dengan parameter yang digunakan  $V = 25.8$  volt,  $I = 117$  ampere dan  $CO_2 = 50$  bar seperti pada gambar:



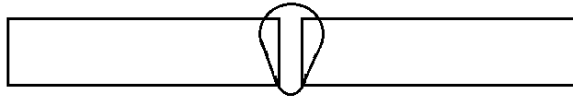
**Gambar 3. 10** Parameter Pengelasan FCAW



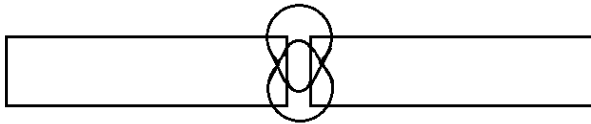
**Gambar 3. 11** Hasil Las dengan Filler E71T-1C

### 3.6 Pembagian Spesimen

Setelah plat dilas kemudian akan dipotong sesuai dengan ukuran specimen yang akan digunakan untuk pengujian dan ukuran tersebut mengacu pada ukuran standart pengujian yang ditentukan.



**Gambar 3. 12** Gambar Penampang Las an GMAW



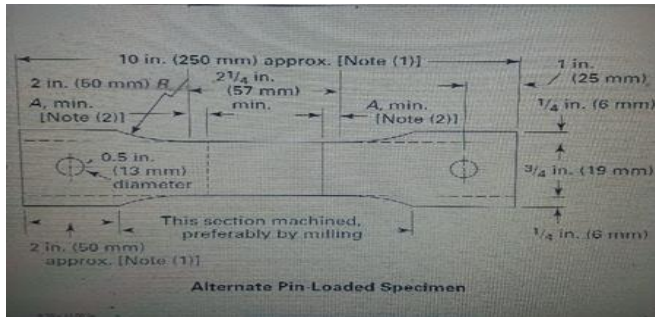
**Gambar 3. 8** Gambar Penampang Las an FCAW dengan Back Weld

### 3.7 Pengujian

Pada tahapan ini specimen yang telah dipotong sesuai dengan ukuran akan dilakukan pengujian sebagai berikut:

#### 3.7.1 Pengujian Tarik

Untuk pengujian Tarik dilakukan pengambilan specimen total 6 specimen yang akan diuji masing-masing variasi berjumlah 3 specimen yaitu specimen dengan filler ER70S-6 dan specimen dengan filler E71T-1C. Untuk dimensi specimen disesuaikan dengan *ASME Section 9* untuk *tensile test*.



**Gambar 3. 9** Dimensi specimen tarik

Langkah-langkah pengujian tarik :

- 1) Menyiapkan spesimen
  - Ambil spesimen dan jepit pada ragum
  - Bersihkan bekas-bekas *machining* dengan kikir
  - Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen
- 2) Pengukuran dimensi
  - Ambil spesimen dan ukur dimensinya
  - Catat dan beri kode untuk masing -masing spesimen.
  - Lakukan langkah diatas untuk seluruh spesimen
  -
- 3) Pengujian pada spesimen.
  - Mencatat data mesin pada benda kerja.
  - Penempatan bandul pada posisi awal.

- Atur jarum penunjuk pada posisi 0.
- Ambil specimen dan letakkan pada tempatnya.
- Amati datanya dan catat.
- Ulangi langkah diatas untuk seluruh specimen.

Berikut specimen bahan pengujian tarik :



**Gambar 3. 10** Spesimen Uji Tarik

### 3.7.2 Pengujian Kekerasan

Dalam pengujian kekerasan, jumlah titik yang diambil ialah 20 titik yaitu pada daerah *weld metal*, *HAZ*, dan *base metal*.





**Gambar 3. 11** Alat Uji Kekerasan Rockwell



**Gambar 3. 12** Spesimen Uji Kekerasan

Merk	: AFFRI Seri 206.RT – 206.RTS
Loading	: Maximum 100 KP Minimum 10 KP

Hrb Load : 100 KP  
 Indentor : Bola Baja 1/16.

Table 3.1 Etching Reagent Untuk Melihat Macrostructure

Nama	Komposisi	Durasi	Material
Hydrochloric acid	H <sub>2</sub> O 50 ml HCl 50 ml	1-3 menit Pada suhu 75°C	Carbon Steel

### 3.7.3 Pengamatan Mikrostruktur

Pengamatan mikrostruktur mengacu pada standar ASTM E 340-001 dilakukan dengan mengetahui titik pasti daerah hasil pengujian kekerasan. Setelah daerah yang ditentukan, maka pada titik yang sama tersebut di etsa menggunakan campuran cairan. Cairan yang digunakan antara lain adalah:

Table 3.2 Etching Reagent Untuk Melihat Microstructure

Nama	Komposisi	Durasi	Material
Nital	HNO <sub>3</sub> 20 ml Alkohol 95% 98 ml	1-3 menit	Carbon Steel

Prosedur pengujian metallography adalah sebagai berikut:

1. Pemotongan spesimen uji

Benda kerja dibelah menjadi dua. Dalam penelitian tugas akhir ini, pengujian metallography dilakukan pada permukaan dalam spesimen atau bagian yang dibelah.

2. Grinding

Penggosokan dilakukan pada permukaan spesimen uji secara bertahap, penggosokan menggunakan mesin grinding dengan tingkat kekeasaran gosok mulai dari 200, 500, 1000, 1200 disertai dengan aliran air pendingin. Fungsinya adalah untuk melarutkan geram dan permukaan spesimen tidak panas sehingga mengubah struktur mikronya.

3. Polishing

Penggosokan diatas piringan kain wool yang berputar, disertai taburan bubuk polishing, sampai goresan-goresan akibat proses grinding hilang sehingga permukaan spesimen uji mengkilat.

4. Etching

Etching atau proses etsa dilakukan dengan menggunakan larutan etsa (etsa reagent) natal dengan  $\text{HNO}_3$  20 ml. dengan waktu perendaman selama 1 menit, setelah itu benda dibilas dengan alcohol 98% dan di keringkan menggunakan hair dryer.

5. Pemotretan

Pemotretan dilakukan dibawah mikroskop dengan menggunakan lensa objektif 10x, sedangkan lensa okuler 10x, 20x, 50x, dan 100x sehingga dapat menghasilkan pembesaran 100x, 200x, 500x dan 1000x.

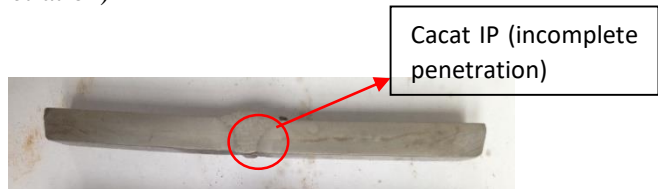
## **BAB IV PEMBAHASAN**

### **4.1 Hasil Pengujian**

Dari hasil pengujian yang penulis lakukan mengenai sifat mekanik baja SA-36 pengelasan GMAW menggunakan Filler ER70S-6 dan pengelasan FCAW menggunakan filler E71T-1C maka pada bab ini penulis akan memberikan analisis berdasarkan data-data yang telah didapat melalui pengujian uji tarik, uji kekerasan dan pengamatan struktur mikro yang kemudian data tersebut akan di cari mana yang lebih baik.

#### **4.1.1 Hasil Pengelasan GMAW**

Setelah melakukan pengelasan dan mengamati hasil pengelasan dari metode GMAW didapat bahwa pada pengelasan terdapat cacat IP (incomplete Penetration)

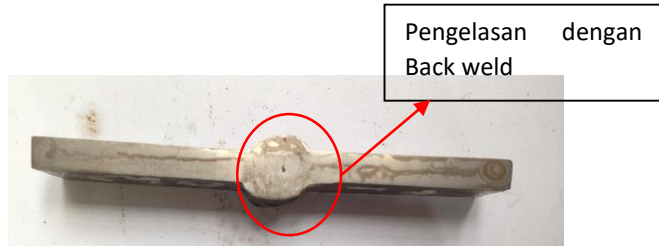


**Gambar 4.1** Penampang Hasil Las an GMAW

Hasil pengelasan dengan metode GMAW mengalami cacat IP (incomplete penetration) sehingga las an tidak memiliki tembusan yang sempurna.

#### 4.1.1 Hasil Pengelasan FCAW

Pengelasan FCAW ini dilakukan dengan cara Back Weld.



**Gambar 4.2** Penampang Hasil Las an FCAW

Hasil pengelasan dengan metode FCAW menggunakan cara back weld sehingga menghasilkan sambungan yang lebih kuat dan tembusan yang sempurna

#### 4.1.1 Hasil Pengujian Uji Tarik

Dari pengujian uji tarik yang telah dilakukan maka diperoleh data sebagai berikut:

Unit Tensile Strength

$$UTS = \frac{\text{Max Load}}{A_o}$$

Dimana:

*UTS* = Unit Tensile Strength

*Max Load* = Beban Maksimum (kgf)

*A<sub>o</sub>* = Luas Penampang Awal (mm<sup>2</sup>)



**.Gambar 4. 3** Spesimen Hasil Uji Tarik

Dari gambar di atas benda nomor 1,2 dan 3 merupakan hasil pengelasan GMAW dimana terdapat cacat IP (incomplete penetration) pada area las an sehingga menyebabkan hasil uji tarik putus pada daerah las, sedangkan pada benda nomor 7,8 dan 9 merupakan hasil pengelasan dengan metode FCAW dengan backweld sehingga saat dilakukan uji tarik hasilnya putus pada daerah HAZ.

**Tabel 4.1** Perhitungan A0 dan UTS

Filler	P (mm)	L (mm)	A0 (mm <sup>2</sup> )	Max Load (kgf)	UTS (kgf)	Patah	x/v
ER70S-6	17.8	5.94	106.3	2127.688	2030.34	WM	x
	17.2	5.96	102.51	3455.964	3380.12	WM	x
	17.4	5.97	102.91	1554.4	1510.87	WM	x
E71T-1C	17.1	5.96	102.85	3850.017	3780.33	HAZ	v
	17.2	5.95	102.24	4858.558	4762.21	HAZ	x
	17.6	5.94	104.58	4309.675	4122.54	HAZ	v

Ket :

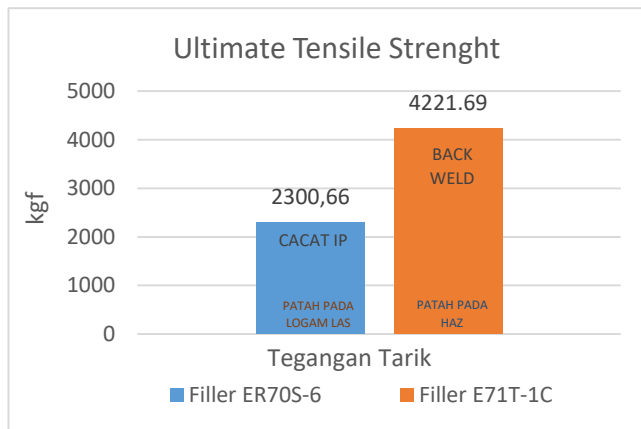
- WM = Weld Metal
- HAZ = Heat Affected Zone
- BM = Base Metal
- X = Tidak Masuk Standard Benda
- V = Masuk Standarad Benda
- Standard Benda SA-36 = 4000-5500 kgf  
(minimum di ijinan 90% dari nilai terkecil = 3800 kgf)

$$UTS = \frac{\text{Max Load}}{A_0}$$

Dari rumus di atas dapat di hitung berapa besar UTS pada benda uji dengan cara membagi Max Load dengan A0 , dimana A0 pada setiap benda berbeda beda di karenakan pengerjaan mesin manual. Dari data pada tabel di atas dapat dilihat bahwa benda uji dengan filler ER70S-6 semuanya patah pada area Weld Metal di karenakan ada cacat IP pada daerah las an, sedangkan untuk Filler E71T-1C hanya benda nomer 2 yang nilainya tidak masuk pada standard dikarenakan ada defflect pada area las an.

**Tabel 4.2** Hasil Pengujian Tarik dan Rata-Rata

Filler	Y.P (kgf)	Y.S (kgf)	Max.Load (peak) (kgf)	UTS (Kgf)	UTS Rata- Rata (kgf)	UTS SA-36
ER70S-6	2124.391	2015	2127.688	2030.34	2300.66	4000- 5500 kgf
	3455.6	2840	3455.964	3380.12		
	1548.235	1382	1554.4	1510.87		
E71T-1C	3849.775	3699	3850.017	3780.33	4221.69	
	4858.467	4859	4858.558	4762.21		
	4309.389	4216	4309.675	4122.54		



**Gambar 4. 4** Grafik Tegangan Tarik

Dari table diatas hasil uji tarik yang dilakukan menunjukkan nilai UTS 2300.66 kgf pada penyambungan menggunakan filler ER70S-6 dimana hasil las an pada metode ini mengalami cacat IP (incomplete penetration) yang mengakibatkan A0 tidak standard dan pembagian perhitungan menjadi A1 (luasan sebenarnya) dari benda, sehingga menyebabkan hasil UTS dari uji tarik mendapat nilai jauh di bawah standard benda yaitu 4000-5500 kgf, sedangkan

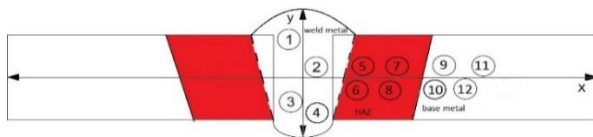


penyambungan dengan filler E71T-1C nilai UTSnya sebesar 4230.33 kgf dimana pengelasan pada metode ini menggunakan backweld sehingga mendapatkan sambungan yang baik dan tembusan yang sempurna maka di dapat hasil baik yang masuk dalam satndard benda.

#### 4.1.2 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen di garis yang sama dengan menggunakan 3 bidang spesimen yang berguna untuk mencari kepastian titik pasti batas daerah antara *Base Metal* dengan *Heat Affected Zone* dan juga antara daerah *Heat Affected Zone* dengan daerah *Weld Metal*.

- **FILLER ER70S-6**



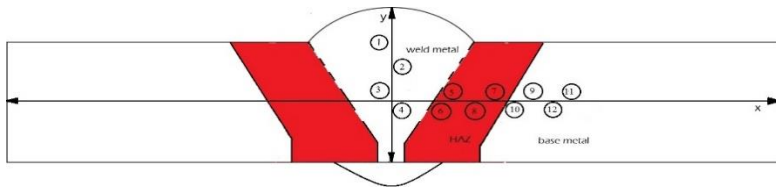
**Gambar 4. 5** Letak Pengujian Kekerasan Filler ER70S-6



**Gambar 4. 6** Hasil Pengujian Kekerasan Filler ER70S-6

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa pengambilan titik untuk pengujian kekerasan pada benda hasil las dengan GMAW menggunakan filler ER70S-6 terbagi di area Logam Las , HAZ (Heat Affected Zone) dan Logam Induk

- **FILLER E71T-1C**



**Gambar 4.7** Letak Pengujian Kekerasan Filler E71T-1C

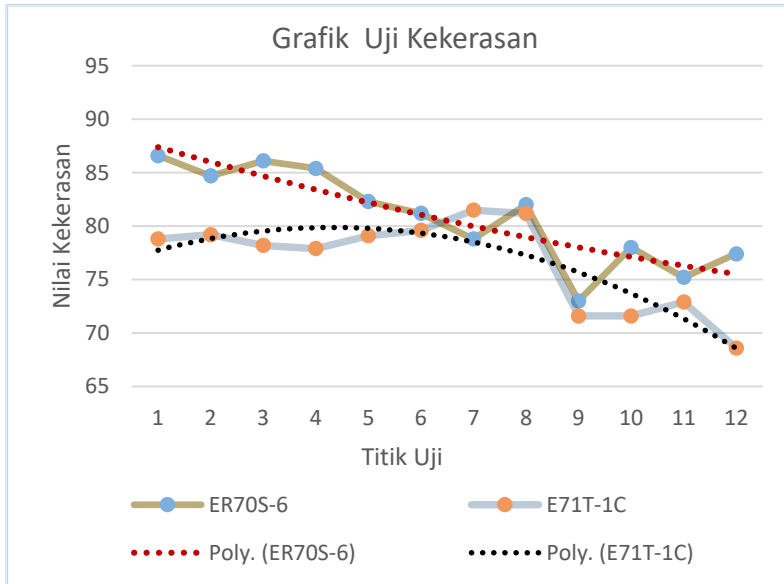


**Gambar 4.8** Hasil Pengujian Kekerasan Filler E71T-1C

Dari gambar diatas dapat diketahui bahwa pengambilan titik untuk pengujian kekerasan pada benda hasil las dengan FCAW menggunakan filler E71T-1C terbagi di area Logam Las , HAZ (Heat Affected Zone) dan Logam Induk.

**Tabel 4.3** Hasil Uji Kekerasan

Filler	Daerah	Titik	Nilai Kekerasan (HV)			Rata-rata
			Benda 1	Benda 2	Benda 3	
Filler ER70S-6	Logam Las	1	87	86,6	87	86,6
		2	85	84,2	85	84,7
		3	86,5	87	84,8	86,1
		4	86	85,4	85	85,4
	HAZ	5	86,5	84	78	82,3
		6	87	78	78,8	81,2
		7	74	82,4	80	78,8
		8	84	79	83	82
	Logam Induk	9	74	72	73,2	73
		10	83	75	77	78
		11	76	76,4	74,6	75,2
		12	79	77	73	77,4
Filler E71T-1C	Logam las	1	78	76,8	80	78,8
		2	78,4	80	78	79,2
		3	77	78,2	79,6	78,2
		4	81	74,8	78	77,9
	HAZ	5	78,2	79	80	79,1
		6	77	78,6	82	79,6
		7	83,5	81,2	79,8	81,5
		8	81,6	82	80	81,2
	Logam Induk	9	67	70	68,8	68,6
		10	74,5	76	74	71,6
		11	75,5	68	72,2	72,9
		12	72	70	71,2	71,6



**Gambar 4. 9** Grafik Hasil Uji Kekerasan

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pengelasan menggunakan Filler ER70S-6 nilai kekerasannya semakin menurun yang artinya bahwa Logam Las memiliki nilai keratan yang paling tinggi, sedangkan pengelasan menggunakan Filler E71T-1C nilai kekerasan tertinggi terdapat pada area HAZ.

*HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Dari hasil pengujian dan Analisa yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil pengujian tarik pada pengelasan sample existing karoseri SKA menggunakan Filler ER70S-6 memiliki kekuatan tarik rata-rata 2300.66 kgf dikarenakan cacat IP (incomplete penetration) pada hasil las an sehingga nilai yang didapat jauh di bawah standar benda yang sebesar 4000-5500 kgf, sedangkan pengelasan yang menggunakan variasi Filler E71T-1C dengan cara pengelasan backweld memiliki kekuatan tarik rata-rata 4221.69 kgf yang berarti masuk dalam standard benda.
- Hasil pengujian kekerasan pengelasan sample existing karoseri SKA dengan pengelasan GMAW menggunakan Filler ER70S-6 lebih besar pada area Logam Las sedangkan pengelasan dengan variasi Filler dengan metode FCAW menggunakan Filler E71T-1C hasilnya lebih besar pada area HAZ.

#### **5.2 SARAN**

Untuk memperbaiki keterbatasan Tugas Akhir ini kedepannya, berdasarkan pengalaman dari penulis maka dapat diberi saran sebagai berikut:

- Dalam menyiapkan material harus disertai dengan sertifikat material dari produsen.
- Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya lebih teliti menganalisa hasil pengelasan terdapat cacat atau tidak
- Dalam melakukan pengujian lebih baik menggunakan standard dan metode-metode yang telah ditetapkan

*HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN*

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. ASME II : Part B Nonferrous Material Specifications. 2<sup>nd</sup>. The American Society Of Mechanical Engineers, New York. 2010.
2. ASME II : Part C Specifications for Welding Rods, Mechanical Engineers, New York. 2010.
3. ASME IX : Welding and Brazing Qualifications. The American Society of Mechanical Engineers, New York. 2010
4. ASTM E 340-2000 : Standard Test Method for Macroetching Metal and Alloy. American Society for Testing & Materials, United States. 2002.



*HALAMAN INI SENGAJA DI KOSONGKAN*

## LAMPIRAN

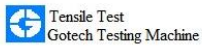
### Lampiran 1 Hasil Pengujian Tarik Square Groove 1

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

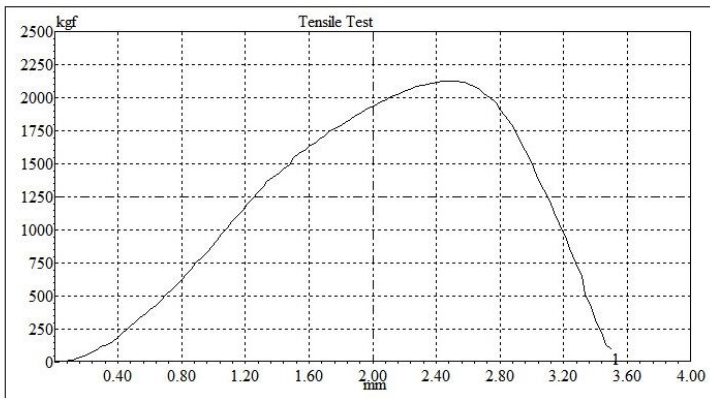
FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA



ReportNo.	Max. Load	Yield strength	Yield point	Elastic modulus
	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>
---	2127.688	2.015	2124.391	67.289
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---





## Lampiran 2

### Hasil Pengujian Tarik Square Groove 2

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

FAKULTAS VOKASI

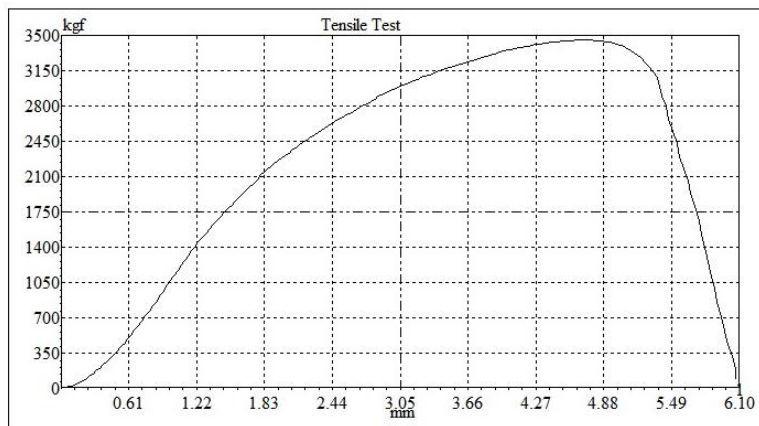
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA



Tensile Test  
Gotech Testing Machine

ReportNo	Max. Load	Yield strength	Yield point	Elastic modulus
	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>
	3455.964	2.840	3455.604	70.867
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---






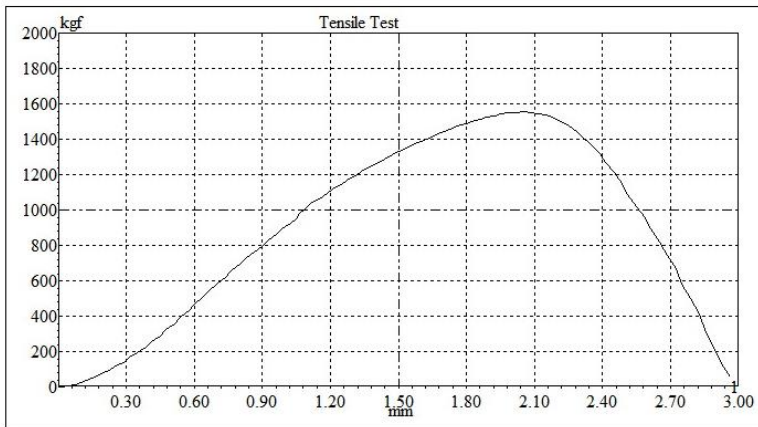
### Lampiran 3

### Hasil Pengujian Tarik Square Groove 3

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA

 Tensile Test  
 Gotech Testing Machine

ReportNo.	Max. Load	Yield strength	Yield point	Elastic modulus
	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>
	1554.444	1.382	1548.235	57.572
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---

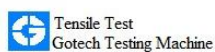




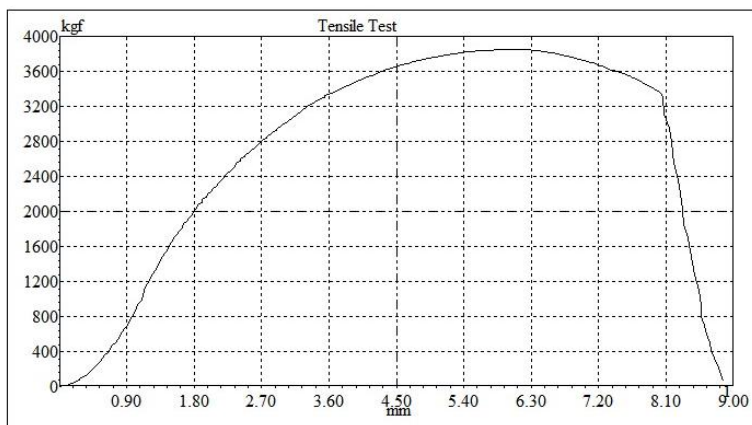
## Lampiran 4

### Hasil Pengujian Tarik V-groove 1

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA



ReportNo	Max. Load	Yield strength	Yield point	Elastic modulus
	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>
	3850.017	3.699	3849.775	79.697
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---



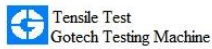




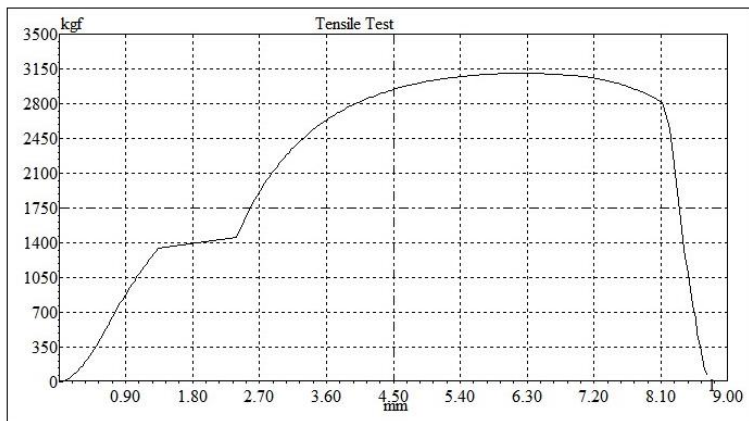
## Lampiran 5

### Hasil Pengujian Tarik V-groove 2

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA



Report No.	Max. Load	Yield strength	Yield point	Elastic modulus
	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>
	3107.153	2.944	3106.991	21.920
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---

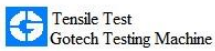




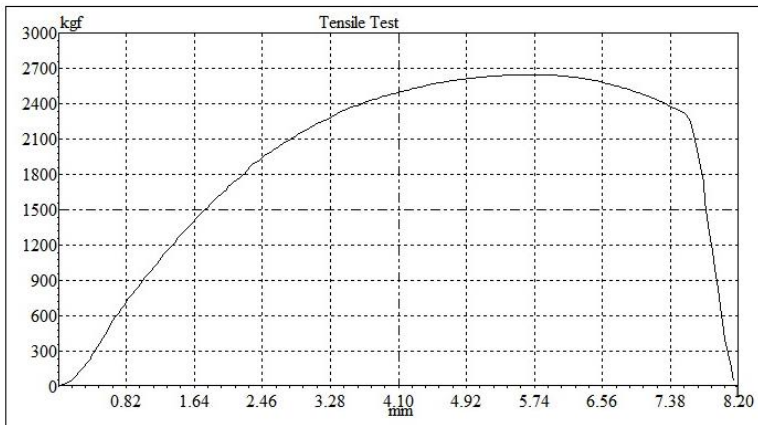
## Lampiran 6

### Hasil Pengujian Tarik V-groove 3

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
 SURABAYA



ReportNo	Max. Load	Yield strength	Yield point	Elastic modulus
	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>	kgf	kgf/mm <sup>2</sup>
2647.765	2.507	2647.624	54.139	
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---
---	---	---	---	---






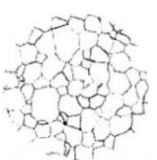
## Lampiran 7

### Hasil pengujian foto mikro Filler ER70S-6 (GMAW)

#### Daerah Logam Las titik (2,0)

	<b>PEARLITE</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,8% dan terbentuk pada suhu 723°C
	<i>Struktur kristal</i>	: Struktur duplek dari ferrite dan cementite.
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak
	<i>Kekerasan</i>	: $\pm$ 180-250 HVN




	<b>FERRIT</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,025% pada suhu 723°C dan 0,008% di temperatur kamar.
	<i>Struktur kristal</i>	: BCC
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak dan ulet (kondisi anil)
	<i>Kekerasan</i>	: 140 - 180 HVN



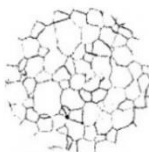
## Lampiran 8

### Hasil pengujian foto mikro Filler ER70S-6 (GMAW)

#### Daerah HAZ titik (0,8)

	<b>PEARLITE</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,8% dan terbentuk pada suhu 723°C
	<i>Struktur kristal</i>	: Struktur duplek dari ferrite dan cementite.
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak
	<i>Kekerasan</i>	: $\pm$ 180-250 HVN



	<b>FERRIT</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,025% pada suhu 723°C dan 0,008% di temperatur kamar.
	<i>Struktur kristal</i>	: BCC
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak dan ulet (kondisi anil)
	<i>Kekerasan</i>	: 140 - 180 HVN






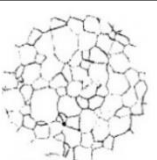
## Lampiran 9

### Hasil pengujian foto mikro Filler ER70S-6 (GMAW)

#### Daerah Logam Induk titik (0,12)

	<b>PEARLITE</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,8% dan terbentuk pada suhu 723°C
	<i>Struktur kristal</i>	: Struktur duplek dari ferrite dan cementite.
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak
	<i>Kekerasan</i>	: $\pm$ 180-250 HVN




	<b>FERRIT</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,025% pada suhu 723°C dan 0,008% di temperatur kamar.
	<i>Struktur kristal</i>	: BCC
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak dan ulet (kondisi anil)
	<i>Kekerasan</i>	: 140 - 180 HVN

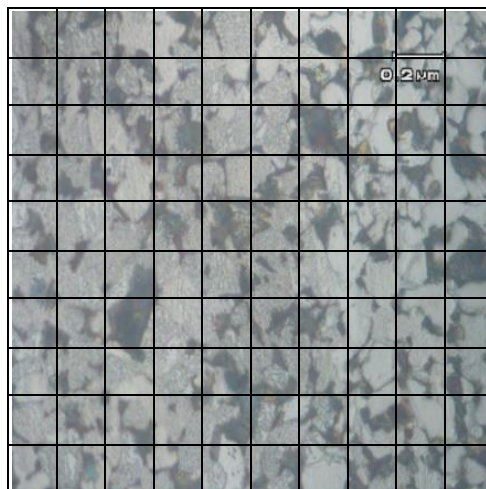


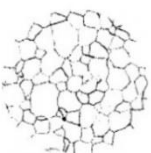
## Lampiran 10

### Hasil pengujian foto mikro Filler E71T-1C (FCAW)

#### Daerah Logam Las titik (0,3)

	<b>PEARLITE</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,8% dan terbentuk pada suhu 723°C
	<i>Struktur kristal</i>	: Struktur duplek dari ferrite dan cementite.
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak
	<i>Kekerasan</i>	: $\pm$ 180-250 HVN




	<b>FERRIT</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,025% pada suhu 723°C dan 0,008% di temperatur kamar.
	<i>Struktur kristal</i>	: BCC
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak dan ulet (kondisi anil)
	<i>Kekerasan</i>	: 140 - 180 HVN

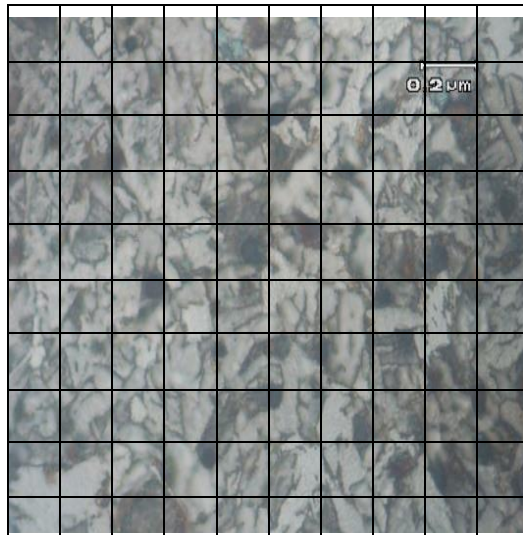


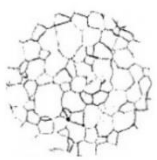
## Lampiran 11

### Hasil pengujian foto mikro Filler E71T-1C (FCAW)

#### Daerah HAZ (2,10)

	<b>PEARLITE</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,8% dan terbentuk pada suhu 723°C
	<i>Struktur kristal</i>	: Struktur duplek dari ferrite dan cementite.
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak
	<i>Kekerasan</i>	: $\pm$ 180-250 HVN




	<b>FERRIT</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,025% pada suhu 723°C dan 0,008% di temperatur kamar.
	<i>Struktur kristal</i>	: BCC
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak dan ulet (kondisi anil)
	<i>Kekerasan</i>	: 140 - 180 HVN

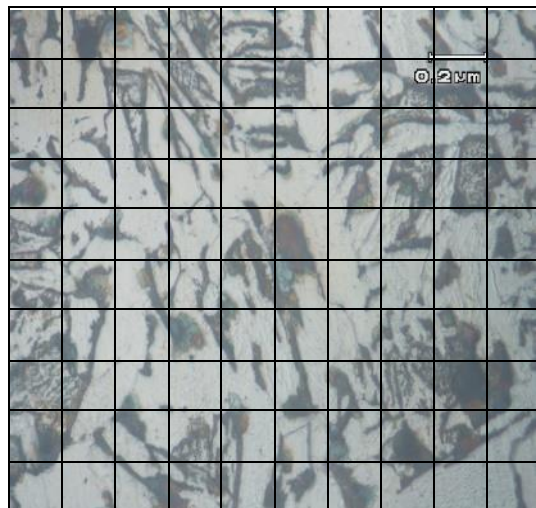


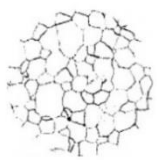
## Lampiran 12

### Hasil pengujian foto mikro Filler E71T-1C (FCAW)

#### Daerah HAZ (2,10)

	<b>PEARLITE</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,8% dan terbentuk pada suhu 723°C
	<i>Struktur kristal</i>	: Struktur duplek dari ferrite dan cementite.
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak
	<i>Kekerasan</i>	: $\pm$ 180-250 HVN



	<b>FERRIT</b>	
	<i>Kadar karbon</i>	: 0,025% pada suhu 723°C dan 0,008% di temperatur kamar.
	<i>Struktur kristal</i>	: BCC
	<i>Sifat mekanis</i>	: Lunak dan ulet (kondisi anil)
	<i>Kekerasan</i>	: 140 - 180 HVN





# Lampiran 3

## Spesifikasi Baja SA-36

**ASTM A36 Steel, bar**

**Categories:** [Metal](#); [Ferrous Metal](#); [ASTM Steel](#); [Carbon Steel](#); [Low Carbon Steel](#)

**Material Notes:** Minimum Cu content when copper steel is specified. Used for guardrails.

**Key Words:** UNS K02600

**Vendors:** [Click here to view all available suppliers for this material.](#)

Please [click here](#) if you are a supplier and would like information on how to add your listing to this material.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	7.85 g/cc	0.284 lb/in³	
Mechanical Properties	Metric	English	Comments
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Elongation at Break	20.0 %	20.0 %	in 200 mm
	23.0 %	23.0 %	In 50 mm.
Modulus of Elasticity	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Bulk Modulus	140 GPa	20300 ksi	Typical for steel
Poissons Ratio	0.260	0.260	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	
Component Elements Properties	Metric	English	Comments
Carbon, C	0.260 %	0.260 %	
Copper, Cu	0.20 %	0.20 %	
Iron, Fe	99.0 %	99.0 %	
Manganese, Mn	0.75 %	0.75 %	
Phosphorous, P	<= 0.040 %	<= 0.040 %	
Sulfur, S	<= 0.050 %	<= 0.050 %	

**References** for this datasheet.

Some of the values displayed above may have been converted from their original units and/or rounded in order to display the information in a consistent format. Users requiring more precise data for scientific or engineering calculations can click on the property value to see the original value as well as raw conversions to equivalent units. We advise that you only use the original value or one of its raw conversions in your calculations to minimize rounding error. We also ask that you refer to MatWeb's [terms of use](#) regarding this information. [Click here](#) to view all the property values for this datasheet as they were originally entered into MatWeb.



## Lampiran 14

### Spesifikasi Filler ER70S-6

MILD STEEL WIRES

ESAB

**WELD 70S-6** AWS A5.18: ER70S-6

**FEATURES**

ESAB Weld 70S-6 is a copper-coated AWS ER70S-6 solid wire, suited for general purpose, manual and semiautomatic applications in most industries. It is manufactured under ESAB's Quality Control programs and meets AWS standards.

**TYPICAL MECHANICAL PROPERTIES**

As Welded GMAW 100% CO <sub>2</sub>	
Yield Strength	61 ksi, 424 MPa
Tensile Strength	75 ksi, 518 MPa
Elongation in 2"	28%
As Welded GMAW 75% Ar / 25% CO <sub>2</sub>	
Yield Strength	70 ksi, 483 MPa
Tensile Strength	84 ksi, 583 MPa
Elongation in 2"	26%

**CLASSIFICATIONS AND APPROVALS**

- AWS A5.18: ER70S-6

**CHARPY V-NOTCH PROPERTIES**

Testing Temperature -20°F (-29°C)	
As Welded GMAW 100% CO <sub>2</sub>	
	57 ft-lb, 77 J
As Welded GMAW 75% Ar / 25% CO <sub>2</sub>	
	67 ft-lb, 91 J

**WELDING PROCESS**

- GMAW (MIG)

**WELD METAL ANALYSIS**

GMAW 100% CO <sub>2</sub>	
C	0.073%
Mn	0.97%
Si	0.51%
P	0.009%
S	0.013%
GMAW 75% Ar / 25% CO <sub>2</sub>	
C	0.075%
Mn	1.22%
Si	0.67%
P	0.010%
S	0.014%

**INDUSTRIES**

- Shipbuilding
- Civil Construction
- Mobile Machinery
- General Fabrication
- Automotive

ESAB Welding & Cutting Products / esabna.com / 1800.ESAB.123 SWR-10058 06/13



## Spesifikasi Filler ER70S-6

### MILD STEEL WIRES



## WELD 70S-6 continued

**DEPOSITION TABLE - Spray Transfer Welding Parameters**

Diameter in (mm)	Electrode Unit in/lb (m/kg)	Amps	Volts	Wire Feed Speed ipm (cm/min)	Opt. Amps	Opt. Volts	Opt. Wire Feed Speed ipm (cm/min)
.035 (0.9)	3670 (206)	180 - 230	25-27	400 - 550 (1016 - 1397)	200	26	480 (1219)
.045 (1.2)	2220 (124)	260 - 340	25-30	300 - 500 (762 - 1270)	300	27	350 (889)

**DEPOSITION TABLE - Shortarc Transfer Welding Parameters**

Diameter in (mm)	Electrode Unit in/lb (m/kg)	Amps	Volts	Wire Feed Speed ipm (cm/min)	Opt. Amps	Opt. Volts	Opt. Wire Feed Speed ipm (cm/min)
.035 (0.9)	3670 (206)	90 - 160	15 - 19	180 - 300 (457 - 762)	130	17	250 (635)
.045 (1.2)	2220 (124)	130 - 200	17 - 19	125 - 200 (318 - 508)	160	18	150 (381)

**PART NUMBER / PRODUCT INFORMATION**

Part Number	Description	UPC
321M096700	WELD 70-6 035X33#WB 2376# PLT	662303672812
321M095920	WELD 70-6 035X550# MP 4/PLT	662303672829
321M116700	WELD 70-6 045X33#WB 2376# PLT	662303672836
321M115920	WELD 70-6 045X550# MP 4/PLT	662303672843



## Lampiran 15

### Spesifikasi Filler E71T-1C



**U.S. ALLOY CO.**

WASHINGTON ALLOY'S Quality  
Management System is  
Certified to ISO 9001:2008  
Cert # 05-10925

## 71T-1C Carbon Steel Flux-Cored Wire

U.S. ALLOY CO.  
The Washington Alloy  
7010-G Reames Rd.  
Charlotte, NC 28216  
[www.weldingprice.com](http://www.weldingprice.com)



American Welding Society  
Sustaining Company Member



### ALLOY DESCRIPTION AND APPLICATION:

71T-1C is a flux cored wire designed for single or multi pass welding having a smooth arc transfer, low spatter, flat to slightly convex bead contour, with a high deposition rate and easily removal slag. This all-position wire has excellent feeding and low fume generation using 100% CO<sub>2</sub> making it a good choice for mild steel and higher strengths steels. Argon - CO<sub>2</sub> gases may be used if tested with application.

### TYPICAL FCAW WELDING PROCEDURES; DCEP OPTIMUM IN BOLD (FLAT)

Wire Diameter	Wire Speed (ipm)	Amps	Volts	Electrical Stickout	CO <sub>2</sub> (cfh)
0.035	275-580-780	130-200-260	23-27-30	3/8-3/4"	35-40
0.045	200-450-600	150-250-335	22-29-33	1/2-1"	35-45
0.052	150-400-600	140-275-390	19-28-35	1/2-1"	40-50
1/16"	150-330-490	150-330-475	23-30-38	1/2-1"	40-50
5/64"	120-250-300	250-385-450	26-29-32	3/4-1 1/4"	40-50
3/32"	110-185-275	300-425-550	25-29-34	3/4-1 1/4"	40-50

Procedures may vary with change in position, base metals, filler metals, equipment and other changes.

### TYPICAL WELD METAL CHEMISTRY (%) AND WELD METAL PROPERTIES;

	AWS Spec.	U.S. ALLOY 71T-1C	BASED ON 100% CO <sub>2</sub>	AWS Spec	Typical
Carbon	0.12 max.	0.03			
Manganese	1.75 max.	1.48	Tensile Strength (psi)	70-95,000	89,000
Silicon	0.90 max.	0.75	Yield Strength (psi)	58,000 min.	80,000
Phosphorus	0.030 max.	0.012	Elongation in 2"	22 % min.	28%
Sulfur	0.030 max.	0.009	Charpy V-notch at 0°F	20 ft lbs min.	48 ft lbs
Copper	0.35 max.	0.022			
Nickel	0.50 max.	0.030	Chromium	0.20 max.	0.039
Molybdenum	0.30 max.	0.010	Vanadium	0.08 max.	0.020

AVAILABLE SIZES: TCF 71T-1= Spools of .035, .045, .052, 1/16, 3/32

SPECIFICATIONS; ANSI/AWS A5.20 E71T-1C

ASME SFA A5.20 E71T-1C

(Formerly classified as E71T-1)

EAST COAST  
7010-G Reames Rd  
Charlotte, NC 28216  
Tel (888) 522-8296  
Fax (704) 598-6673

GULF COAST  
4755 Alpine Drive #100A  
Stafford, TX 77477  
Tel (877) 711-9274  
Fax (281) 313-6332

WEST COAST  
8535 Unica Ave  
Rancho Cucamonga, CA 91730  
Tel (800) 830-9033  
Fax (909) 291-4586



INC 2012

Warehouse Distribution Center - Dayton, Ohio

Head Office - Puyallup, Washington

Washington Alloy Company believes that all information and data given is correct. Use this information to assist in making your own evaluations or decisions and this information should not be mistaken as an expressed or implied warranty. U.S. ALLOY CO. assumes no liability for results or damages incurred from the use of any information contained herein, in whole or in part.





## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Tulungagung, 7 mei 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK DHARMA WANITA Sanggrahan, SDN Sanggrahan 1, SMPN 1 Tulungagung, SMKN 3 Boyolangu. Setelah lulus dari SMKN 3 Boyolangu tahun 2015, Penulis mengikuti SMITS dan diterima di Departemen Teknik Mesin Industri FV-ITS pada tahun 2015 dengan NRP 10211500000115.

Di Depratemen Teknik Mesin Industri ini Penulis mengambil Bidan Studi Manufaktur. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan pelatihan. Pelatihan yang pernah di ikuti oleh penulis, antara lain: LKMM Pra-TD FTI-ITS, PKTI (Pelatihan Karya Tulis Ilmiah), PMB (Pelatihan Motor Bakar). Organisasi yang pernah di ikuti oleh penulis, yaitu : BSO Minba HMDM (2016-2017 sebagai staff) HUMAS HMDM (2017-2018 sebagai Kabiرو Lingkar Kampus). Penulis juga aktif sebagai Grader Gambar Teknik dan Grader Proses Manufacture.